

## Medidas de atenuação da mesa *BrainLAB Imaging Couch* e validação no sistema de planejamento Eclipse

### Attenuation measures of the BrainLAB Imaging Couch and validation on the treatment planning system Eclipse

Alexandre R. Serante<sup>1</sup>; João G. Gonçalves<sup>2</sup>; Wellington F. P. Neves-Junior<sup>3</sup>; João Paulo S. Leite<sup>3</sup> e Cecília M. K. Haddad<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Clinica de Radioterapia Ingá, Niterói-RJ, Brasil.*

<sup>2</sup>*Instituto Oncológico, Juiz de Fora-MG, Brasil.*

<sup>3</sup>*Serviço de Radioterapia, Sociedade Beneficente de Senhoras Hospital Sírio-Libanês, São Paulo, Brasil.*

#### Resumo

Neste trabalho foram realizadas medidas de atenuação para os feixes de 6 e 15 MV da mesa de tratamento *BrainLAB Imaging Couch*, constituída de fibra de carbono. As medidas foram realizadas no acelerador linear Novalis-Tx (Varian) para tamanhos de campo de 5 x 5 e 10 x 10 cm<sup>2</sup> variando as posições do *gantry*. Os dados medidos foram comparados com os valores preditos pelo sistema de planejamento Eclipse (TPS), calculado utilizando o algoritmo de cálculo de dose AAA, a fim de validar o modelo da mesa incluído em sua biblioteca. O maior valor de atenuação medido para o tamanho de campo 10 x 10 cm<sup>2</sup> foi de 7,5% e 4,8% para os feixes de 6 e 15 MV, respectivamente. Com tamanho de campo 5 x 5 cm<sup>2</sup>, os maiores valores de atenuação foram de 8,1% e 5,3%, para os feixes de 6 e 15 MV, respectivamente. Ambas obtidas para a posição de *gantry* de 120°. A partir dos dados de atenuação medidos com câmara de ionização foi possível modificar o modelo de mesa da biblioteca do Eclipse de modo a obter a menor diferença entre os valores medidos e o predito pelo TPS.

**Palavras-chave:** atenuação, mesa, radioterapia, fibra de carbono.

#### Abstract

*In this work, attenuation measurements were performed for the beams of energy 6 and 15MV for the couch table BrainLAB Imaging Couch, consisting of carbon fiber. The measurements were performed in the Linac Novalis-Tx (Varian) for 5 x 5 and 10 x 10 cm<sup>2</sup> field sizes, varying gantry positions. The measured data were compared with the values calculated with the treatment planning system Eclipse, calculated with the algorithm AAA, in order to validate the model of the couch included in your library. The highest attenuation for the field size of 10 x 10 cm<sup>2</sup> was 7,5% and 4,8% for the beams 6 and 15 MV, respectively. With the field size of 5 x 5 cm<sup>2</sup> the highest attenuation value was 8,1% and 5,3%, for the beams 6 and 15 MV, respectively. Both measured at gantry position 120°. From the attenuation data measured with an ionization chamber, it was possible to modify the model of the couch in Eclipse to obtain the smallest difference between measured and predicted values by the TPS.*

**Keywords:** attenuation, couch, radiotherapy, carbon fiber.

#### 1. Introdução

Em tratamentos de radioterapia, acessórios de imobilização são utilizados para auxiliar o posicionamento e limitar a movimentação do paciente. Estes acessórios ajudam a manter a acurácia requerida entre as etapas de simulação, planejamento e entrega do tratamento. A fim de evitar maior atenuação do feixe de radiação, normalmente são utilizados acessórios feitos de materiais com baixa densidade como espuma ou fibra de carbono. Entretanto não é difícil encontrar algumas partes destes acessórios contendo materiais de alta densidade como plástico ou metal para manter a rigidez ou para fixar o acessório à mesa de tratamento.

Antigamente, quando um feixe de radiação passava através de um acessório de imobilização ou da mesa de tratamento, seu impacto era simplesmente ignorado. O impacto dosimétrico devido a estes acessórios é uma combinação de aumento de dose na pele, redução da dose no tumor e alteração na distribuição de dose. Sendo que a magnitude desses efeitos é função da energia, geometria e fração do tratamento devido ao feixe, assim como da geometria e composição do acessório. O resultado da soma destes efeitos pode ser clinicamente relevante para o tratamento radioterápico. Diversas publicações demonstraram o impacto significativo da mesa e acessórios de imobilização na atenuação do feixe e superficialização de dose (efeito bólus). Mihaylov

et al.<sup>1</sup> realizou medidas de atenuação da mesa *BrainLAB Imaging Couch* para energias de 6 e 15 MV em diversas posições de *gantry*. Para energia de 6 MV, com incidência do *gantry* oblíqua a mesa, encontrou valores de atenuação de 8,6%. Seppälä et al.<sup>2</sup>, realizou medidas de atenuação do feixe para oito diferentes mesas utilizadas em aceleradores lineares, obtendo atenuação do feixe de 3,6% e 2,4% para 6 e 15 MV, respectivamente, para um campo posterior incidente à mesa BrainLAB, sendo este o maior valor de atenuação dentre as mesas estudadas para essa incidência.

Historicamente, a inclusão destes acessórios era rara devido à falta de acurácia na inclusão dos mesmos no cálculo de dose, assim como o impacto dosimétrico destes acessórios fornecido pelos fabricantes era inadequado. Para feixes incidindo perpendicularmente ao acessório, fatores de correção devido a atenuação eram fáceis de serem medidos e depois incluídos no cálculo da UM (Unidade Monitora). Entretanto, para feixes com incidência oblíqua ao acessório, o cálculo da UM se torna mais complicado. Com inclusão dos sistemas de planejamento computadorizados (TPS), a inclusão da mesa de tratamento e dos acessórios de imobilização se torna mais fácil e acurada, e deve ser feita sempre que possível.

Em 2014 foi publicado o Task Group 176 da AAPM<sup>3</sup>, relatando os impactos dosimétricos causados pela mesa e por diferentes dispositivos de imobilização, demonstrando a importância desses efeitos na exatidão da distribuição de dose e fornecendo métodos para implementar tais dispositivos nos cálculos. Alguns sistemas de planejamento contam com estruturas em suas bibliotecas com mesas e alguns acessórios. Porém, conforme é recomendado pelo TG 176, a mesa pré-definida na biblioteca do TPS deve ser validada.

## 2. Materiais e Métodos

As medidas de atenuação foram realizadas com uma câmara de ionização do tipo PinPoint (PTW) com volume sensível de 0.016 cm<sup>3</sup>, junto a um eletrômetro UNIDOS E (PTW). A câmara de ionização foi inserida dentro de um fantoma cilíndrico de acrílico (PMMA), de raio igual a 8 cm, e comprimento de 10 cm. Foram feitas medidas no acelerador linear Novalis-Tx (Varian), utilizando energias de 6 e 15 MV, e tamanhos de campo de 5 x 5 cm<sup>2</sup> e 10 x 10 cm<sup>2</sup>.

A mesa utilizada nesse estudo foi a *BrainLab Imaging Couch* (ICT), que é uma mesa utilizada em aparelhos de radioterapia que possuem o sistema de verificação por imagem chamado ExacTrac (BrainLab). Possui 53 cm de largura em sua parte superior, 42 cm na parte inferior, 200 cm de comprimento e 5 cm de espessura. É constituída por duas camadas de 2 mm de fibra de carbono, formando uma casca e, seu interior preenchido com espuma. Possui um extensor para realização de radiocirurgia frameless e tratamentos de cabeça e pescoço com 53 cm de largura, 41,5

cm de comprimento e 2 cm de espessura, formado por duas camadas de 0,75 cm de fibra de carbono e seu interior preenchido com espuma.

O efeito do ângulo de *gantry* com a atenuação foi estudado utilizando a CI junto com o fantoma cilíndrico, posicionado alinhado lateralmente em cima da mesa de tratamento. O isocentro foi posicionado no volume sensível da CI. Medidas preliminares demonstraram uma pequena dependência (<0,7%) do *output* do acelerador com relação ao ângulo de *gantry*, que deve ser atribuída ao *sag* do *gantry*<sup>4</sup>, então o valor de referência foi obtido fazendo medidas utilizando feixes que não incidiam sobre a mesa de tratamento, e então foi feita a média destes valores. Foram feitas medidas variando a posição do *gantry* (Fig. 1) de 110° a 180° (a cada 10°) e esses valores foram comparados com o valor referência para obtermos os valores de atenuação da mesa com relação ao ângulo de *gantry*. Não foram feitas medidas na direção simétrica da mesa com a suposição de que qualquer dependência angular deve ser simétrica<sup>5</sup>.

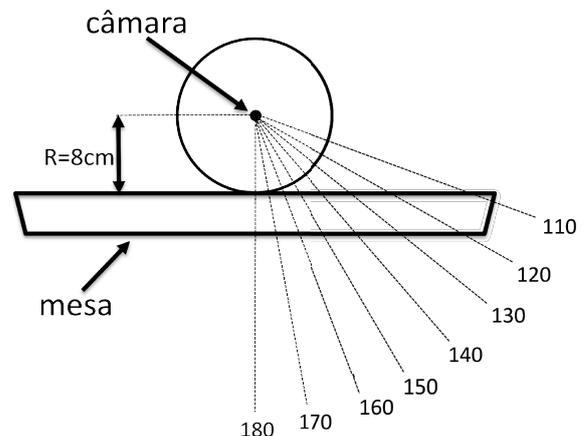


Figura 1. Incidências de gantry utilizadas para avaliar a atenuação da mesa de tratamento

No TPS Eclipse (Varian Medical System), versão 10.0, é possível inserir a mesa de tratamento em todas as tomografias (CT) dos pacientes ou fantasmas. As unidades Hounsfield (HU) de cada parte da mesa podem ser modificadas, de modo a obter diferentes perfis de atenuação da mesa. As HU padrão para a mesa *BrainLab Imaging Couch* são -300 para a fibra de carbono e -1000 para a espuma dentro da casca de fibra de carbono. Para a validação do modelo da mesa, e consequente determinação dos corretos valores de HU para cada parte, foi utilizado o mesmo setup com o fantoma cilíndrico descrito para as medidas utilizando a CI. Foi feita uma tomografia (CT) do fantoma no tomógrafo SOMATON AS (Siemens), com tamanho de corte de 0,6 mm e *Field-of-View* (FOV) de 36 x 36 cm, resultando em um tamanho de voxel de 0,7 x 0,7 x 0,6 mm, essas imagens do fantoma foram transferidas para o Eclipse e os contornos da CI (volume sensível, capa e corpo) assim como o cilindro foram delineados. No TPS a mesa foi incorporada a CT do fantoma, a mesa é sempre inserida centralizada lateralmente em cada

um dos cortes da CT e o topo da mesa é colocado logo abaixo do contorno externo (chamado Body) do paciente ou fantoma.

Para determinação dos valores corretos de HU de cada parte da mesa no TPS, os valores de HU foram modificados para cada parte e o perfil de atenuação resultante foi comparado com o medido com a CI. O isocentro do planejamento no TPS foi posicionado no centro da CI PinPoint e a dose média no volume sensível da CI foi analisado para os ângulos de gantry entre 110° e 180° (a cada 10°), energias de 6 e 15 MV e tamanhos de campo de 5 x 5 cm<sup>2</sup> e 10 x 10 cm<sup>2</sup>. A distribuição de dose foi calculada com o algoritmo analítico isotrópico (AAA) e com o Acuros Dose-to-Medium com um grid size de 1 x 1 x 1 mm. O plano de tratamento foi normalizado para 200 UM.

O valor de atenuação para a mesa foi feito utilizando a razão entre a medida do campo referência sem o atenuador (Mref), e com a presença do atenuador (Matenuada):

$$\%atenuação = \left(1 - \frac{M_{ref}}{M_{atenuada}}\right) \cdot 100\% \quad (1)$$

No TPS, o cálculo da atenuação foi feito utilizando a razão entre a dose média calculada no volume sensível da CI do campo referência (Dref) sem a mesa, e a dose calculada com a presença do atenuador (Datenuada):

$$\%atenuação = \left(1 - \frac{D_{ref}}{D_{atenuada}}\right) \cdot 100\% \quad (2)$$

### 3. Resultados

Como mostrado anteriormente, todos os valores de atenuação foram considerados relativos. As medidas com e sem mesa foram realizadas sob as mesmas condições de pressão e temperatura, descartando a necessidade de aplicar fatores de correção. Os perfis de atenuação do feixe devido à mesa *BrainLab Imaging Couch*, em função do ângulo de gantry, para os feixes de 6 e 15 MV e tamanho de campo 10 x 10 cm<sup>2</sup> são mostrados nas figs. 2 e 3, respectivamente, junto com os perfis obtidos em trabalhos anteriores que estudaram a mesma mesa. Diferenças entre as medidas em relação aos estudos anteriores podem ser explicadas devido a variações no tamanho do fantoma utilizado em cada trabalho, o que resulta em uma posição diferente da CI em relação à mesa de tratamento, assim as diferenças de caminho percorrido na mesa para os ângulos mais oblíquos se torna significante.

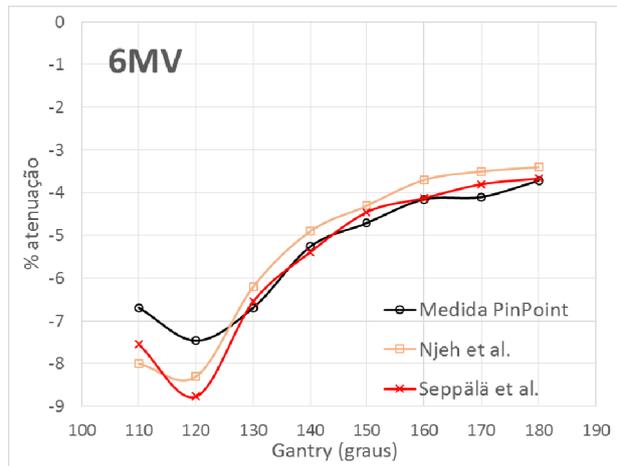


Figura 2. Perfil de atenuação devido à mesa ICT para o feixe 6 MV e tamanho de campo 10 x 10 cm<sup>2</sup>.

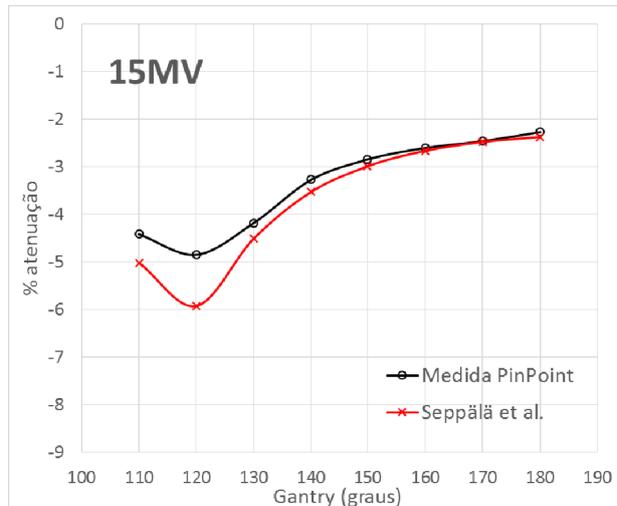


Figura 3. Perfil de atenuação devido à mesa ICT para o feixe 15 MV e tamanho de campo 10 x 10 cm<sup>2</sup>.

Os valores de atenuação devido à mesa ICT dos feixes de 6 e 15 MV, para os tamanhos de campo 5 x 5 e 10 x 10 cm<sup>2</sup> são mostrados na tab. 1.

Tabela 1. Medidas de atenuação da mesa ICT para os feixes de 6 e 15 MV e tamanho de campo 5 x 5 e 10 x 10 cm<sup>2</sup>

Gantry (°)	% atenuação			
	6 MV		15 MV	
	5 x 5 cm <sup>2</sup>	10 x 10 cm <sup>2</sup>	5 x 5 cm <sup>2</sup>	10 x 10 cm <sup>2</sup>
110	-6,87	-6,69	-4,63	-4,42
120	-8,15	-7,46	-5,29	-4,85
130	-7,12	-6,69	-4,63	-4,18
140	-5,96	-5,26	-3,72	-3,27
150	-5,11	-4,71	-3,26	-2,84
160	-4,93	-4,15	-3,01	-2,61
170	-4,44	-4,10	-2,81	-2,46
180	-4,32	-3,71	-2,66	-2,27

O menor valor de atenuação foi medido para a posição de gantry a 180°, pois essa é a incidência na qual o feixe percorre a menor distância na mesa. Variando a posição do gantry em direção a

posição 0°, a atenuação aumenta, devido ao aumento da distância que o feixe atravessa na mesa. Os maiores valores de atenuação ocorreram para a incidência 120° do *gantry*, pois essa é a incidência que possui o maior caminho atravessado na mesa. Com a energia 6 MV os maiores valores de atenuação foram de 8,15% e 7,46%, para os tamanhos de campo 5 x 5 e 10 x 10 cm<sup>2</sup>, respectivamente. Para o feixe de 15 MV, os maiores valores foram de 5,29% e 4,85%, para os tamanhos de campo 5 x 5 e 10 x 10 cm<sup>2</sup>. Continuando a variar o ângulo do *gantry* o feixe de radiação começa a atravessar parcialmente a mesa, assim os valores de atenuação diminuem.

Como esperado, os valores de atenuação diminuem conforme a energia do feixe incidente aumenta. Para o feixe de 6 MV, a atenuação diminui conforme aumenta o tamanho de campo, porém essa diferença não é muito significativa para o feixe de 15 MV. A atenuação diminui conforme o *gantry* se aproxima de 180°, tendo o valor mínimo para esta incidência perpendicular. Com o *gantry* a 180°, o valor de atenuação para o feixe de 6 MV foi de 4,32% e 3,71%, com tamanho de campo 5 x 5 e 10 x 10 cm<sup>2</sup>, respectivamente. Já para 15 MV, a mesma incidência resultou em 2,66% e 2,27% de atenuação, com tamanho de campo de 5 x 5 e 10 x 10 cm<sup>2</sup>, respectivamente.

Validação no TPS Eclipse

Comparando o perfil de atenuação obtido no TPS com o modelo padrão da mesa ICT (HU fibra de carbono -300 e espuma -1000), a diferença de atenuação com o medido com a CI era muito alta, chegando ao máximo de 5,03% para energia de 6 MV e tamanho de campo 10 x 10 cm<sup>2</sup>. Assim, iniciando com o modelo padrão, as unidades HU de cada parte da mesa foram modificadas, e o perfil de atenuação resultante foi analisado para as energias de fótons, 6 e 15 MV, e para os dois tamanhos de campo, 5 x 5 e 10 x 10 cm<sup>2</sup>.

Os perfis de atenuação resultantes dos modelos utilizados foram comparados com o medido com a CI a fim de encontrar o menor desvio entre eles. Sabendo que o algoritmo de dose AAA (Eclipse) superestima a dose na profundidade ao atravessar gaps de ar<sup>6</sup>, o cálculo no TPS foi feito utilizando também o algoritmo Acuros (AXB) como uma dupla checagem do modelo da mesa. De acordo com *Vanetti et al*<sup>7</sup>. e *Wagner et al*<sup>8</sup>, o modelo da mesa pode ser o mesmo para diferentes energias de feixe, assim, o melhor modelo encontrado, que resultou no menor desvio entre o calculado e o medido, foi obtido com HU = -200 para a fibra de carbono e HU = -900 para a espuma. O resultado da atenuação devido à mesa ICT, para os modelos padrão e modificado da mesa no Eclipse, assim como o resultado da CI, para energia de feixe de 6 e 15 MV, tamanho de campo 10 x 10 cm<sup>2</sup> são mostrados nas tabs. 2 e 3 e figs. 4 e 5.

**Tabela 2.** Comparação do perfil de atenuação devido à mesa ICT para o feixe de 6 MV com o modelo padrão e o modelo com HU modificado com algoritmo de dose AAA e AXB

6MV							
% atenuação							
Gantry (°)	CI	AAA (-300/ -1000)	Dif (%)	AAA (-200/ -900)	Dif (%)	Acuros D-M (-200/ -900)	Dif (%)
110	-6,69	-3,94	2,75	-4,66	2,03	-5,77	0,92
120	-7,46	-2,43	5,03	-5,68	1,78	-6,31	1,16
130	-6,69	-2,55	4,14	-5,50	1,19	-5,89	0,80
140	-5,26	-1,95	3,31	-4,54	0,72	-4,88	0,38
150	-4,71	-1,83	2,88	-3,88	0,83	-4,17	0,54
160	-4,15	-1,77	2,39	-3,58	0,58	-3,75	0,40
170	-4,10	-1,95	2,15	-3,70	0,40	-3,93	0,17
180	-3,71	-2,01	1,70	-3,76	-0,04	-3,81	-0,10
Média =	-5,35	-2,30	3,04	-4,41	0,93	-4,81	0,53

**Tabela 3.** Comparação do perfil de atenuação devido à mesa ICT para o feixe de 15 MV com o modelo padrão e o modelo com HU modificado com algoritmo de dose AAA e AXB

15MV							
% atenuação							
Gantry (°)	CI	AAA (-300/ -1000)	Dif (%)	AAA (-200/ -900)	Dif (%)	Acuros D-M (-200/ -900)	Dif (%)
110	-4,42	-2,82	1,59	-3,29	1,12	-3,76	0,66
120	-4,85	-1,83	3,02	-3,97	0,87	-4,67	0,17
130	-4,18	-1,88	2,30	-3,82	0,36	-4,42	-0,24
140	-3,27	-1,57	1,70	-3,14	0,14	-3,70	-0,43
150	-2,84	-1,41	1,43	-2,72	0,12	-3,25	-0,40
160	-2,61	-1,31	1,30	-2,51	0,09	-3,04	-0,44
170	-2,46	-1,46	1,00	-2,62	-0,15	-3,25	-0,78
180	-2,27	-1,52	0,75	-2,67	-0,40	-3,19	-0,92
Média =	-3,36	-1,73	1,64	-3,09	0,27	-3,66	-0,30

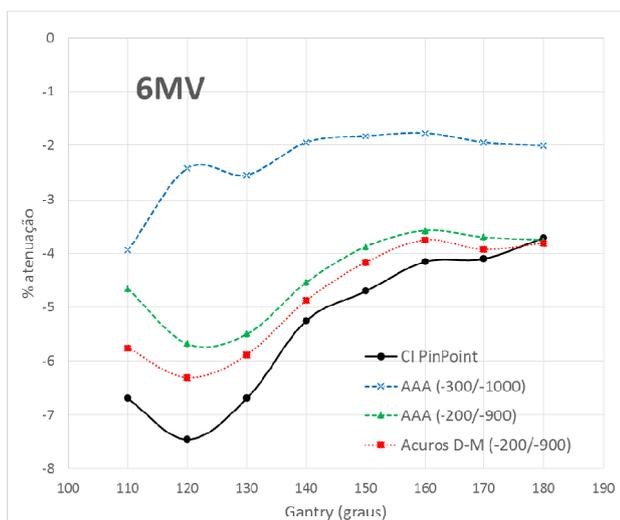


Figura 4. Comparação do perfil de atenuação devido à mesa ICT para o feixe de 6 MV com o modelo padrão e o modelo com HU modificado com algoritmo de dose AAA e AXB

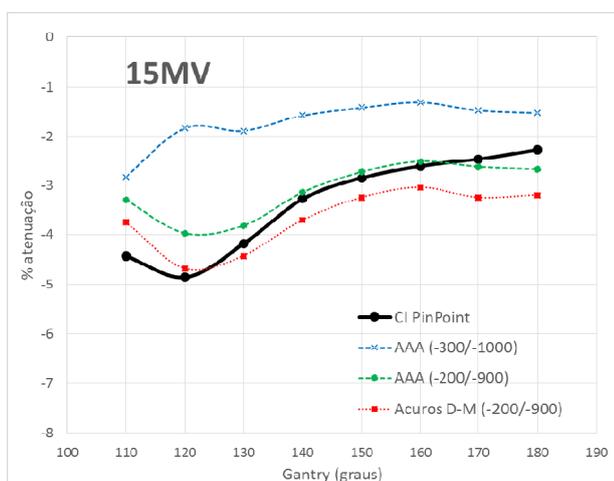


Figura 5. Comparação do perfil de atenuação devido à mesa ICT para o feixe de 15 MV com o modelo padrão e o modelo com HU modificado com algoritmo de dose AAA e AXB

#### 4. Discussão

A mesa de tratamento, acessórios de imobilização e a combinação dos mesmos podem levar a um impacto significativo na dosimetria do paciente. Apesar destes acessórios serem feitos na maioria dos casos de fibra de carbono, o que resulta em acessórios leves e rígidos, além de não causarem artefatos em tomografia, CBCT e imagens planares, este material pode resultar em alteração significativa na dose para o paciente. A atenuação de feixes de fótons devido a diferentes mesas de tratamento vem sendo estudada por diversos autores<sup>1,2,3,4</sup>. Njeh *et al.*<sup>4</sup> mediu a atenuação da mesa ICT da BrainLab e encontrou o máximo de atenuação de 8,3% para a incidência de gantry a 120° e atenuação de 3,4% para um feixe perpendicular a 180° com energia de 6 MV e tamanho de campo 10 x 10 cm<sup>2</sup>. Seppala *et al.*<sup>2</sup> mediu a atenuação de feixes de fótons para diferentes mesas de tratamento. Para a mesa ICT a atenuação do feixe de 6 MV foi de 8,7% para incidência de gantry a 120° e 3,6% para incidência a 180°, todas com tamanho de campo 10 x 10 cm<sup>2</sup>. Esses valores são comparáveis aos medidos neste

trabalho que correspondem a 7,43% e 3,71%, respectivamente.

Devido aos altos valores de atenuação da mesa, que podem aumentar com a combinação de mesa e algum outro acessório de imobilização, faz-se necessária a aplicação de alguma correção devido a estes atenuadores. Os sistemas de planejamento modernos normalmente são capazes de calcular com acurácia a dose sobre estes acessórios. Estes sistemas também são capazes de incorporar a mesa de tratamento nas tomografias dos pacientes para o cálculo da dose. O objetivo deste estudo foi modelar a mesa ICT no TPS Eclipse encontrando os valores de HU para cada parte da mesa que melhor adequavam o perfil de atenuação medido com o calculado. De acordo com estudos anteriores é possível encontrar um único modelo da mesa de tratamento para feixes de baixa e alta energia (Vanetti *et al.*<sup>7</sup>, Wagner *et al.*<sup>8</sup>). Iniciando com o modelo padrão fornecido pelo fabricante, as unidades HU da fibra de carbono e da espuma foram modificadas até encontrar o menor desvio entre TPS e CI, para as energias de 6 e 15 MV do acelerador linear Novalis-Tx. O melhor modelo foi obtido com HU = -200 para a fibra de carbono e HU = -900 para a espuma. Os resultados mostram que a mesa de tratamento pode ser bem modelada no TPS Eclipse. Entretanto, os valores padrão da mesa devem ser modificados digitando os valores corretos de HU ao inserir a mesa na tomografia do paciente.

#### 5. Conclusões

A partir dos dados medidos, foi possível avaliar o perfil de atenuação da mesa de tratamento BrainLAB Imaging Couch (ICT) para as energias de fótons de 6 e 15 MV do acelerador linear Novalis-Tx (Varian) do Hospital Sírio-Libanês. Estes dados permitiram avaliar a atenuação do feixe com relação ao ângulo de incidência deste feixe sobre a mesa, sendo o maior valor de atenuação encontrado correspondente a posição de gantry a 120°, que corresponde a incidência na qual o feixe atravessa a maior distância na mesa de tratamento. A atenuação do feixe diminui conforme a posição do gantry se aproxima de 180°, que corresponde a um campo posterior perpendicular, na qual o feixe percorre a menor distância na mesa.

Também foi possível comparar o perfil de atenuação obtido com o modelo padrão da mesa BrainLAB Imaging Couch obtido pelo sistema de planejamento Eclipse. O sistema de planejamento permite modificar os valores de HU de modo a obtermos um modelo da mesa que concorde com as medidas realizadas. Os valores de HU -200 para a fibra de carbono e -900 para a espuma no interior da mesa resultam em menor desvio entre os perfis de atenuação medidos e calculados para as duas energias de fótons 6 e 15 MV, assim como para dois diferentes tamanhos de campo 5 x 5 e 10 x 10 cm<sup>2</sup>. Portanto, ao inserir o modelo da mesa

para cálculo no TPS, é recomendado modificar seus valores de HU para cada paciente.

### Referências

1. Mihaylov I, Corry P, Yan Y, Ratanatharathorn V, Moros E. Modeling of carbon fiber couch attenuation properties with a commercial treatment planning system. *Med Phys* 2008;35:4982-4988
2. Seppälä H, Kulmala J. Increased beam attenuation and surface dose by different couch inserts of treatment tables used in megavoltage radiotherapy. *J. Appl Clin Med Phys* 2011;12:15-23
3. Dosimetric effects caused by couch tops and immobilization devices: Report of AAPP Task Group 176 (2014)
4. Njeh C, Raines T, Saunders M. Determination of the photon beam attenuation by the BrainLab Imaging couch: angular and field size dependence. *J App Clin Med Phys* 2009;10(3):16-27
5. Spezi E, Ferri A. Dosimetric characteristics of the Siemens IGRT carbon fiber tabletop. *Med Dosim* 2007;32(4):295-98
6. Gray A, Oliver L, Johnston P. The accuracy of the pencil beam convolution and anisotropic analytical algorithms in predicting the dose effects due to attenuation from immobilization devices and large air gaps. *Med Phys* 2009;36:3181-3191
7. Vanetti E, Nicollini G, Clivio A, Fogliata A, Cozzi L. The impact of treatment couch modeling on RapidArc. *Phys Med Biol* 2009;54:N157-166
8. Wagner D, Vorwerk H. Treatment couch modeling in the treatment planning system Eclipse. *J Cancer Sci Ther* 2011;3:007-012

### Contato:

Alexandre Ruggieri Serante  
Clínica de Radioterapia Ingá  
Rua Presidente Pedreira, 27  
Ingá, Niterói – RJ 24210-470  
Tel: (21) 2620-8401  
alexandre.serante@gmail.com